

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA**

**FAKULTA STROJNÍ**

**KATEDRA ENERGETIKY**



**POROVNÁNÍ VYUŽITELNOSTI VYTÁPĚNÍ BIOMASOU V OBYTNÉM DOMĚ**

**COMPARISON OF BIOMASS CONVERSION UNITS IN THE HOUSE**

AUTOR:

BARÁT TOMÁŠ

VEDOUCÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE:

prof. Ing. JUCHELKOVÁ DAGMAR, Ph.D.

OSTRAVA 2012

**Obsah:**

1. Úvod.....	9
2. Charakteristika biomasy.....	9
2.1 Charakteristika biomasy.....	9
2.2 Vznik biomasy.....	9
2.3 Rozdělení biomasy .....	9
2.4 Využití biomasy k energetickým účelům .....	10
2.5 Biomasa vhodná k vytápění .....	10
3. Spalování biomasy.....	13
3.1 Parametry dřevní biomasy ke spalování .....	14
4. Kotle ke spalování biomasy.....	16
4.1 Kotle s ručním přikládáním.....	16
4.2 Automatické kotle.....	20
5. Tepelné ztráty a teplo potřebné k ohřevu TV .....	22
5.1 Výpočet tepelných ztrát objektu .....	22
5.2 Výpočet tepla pro ohřev TV.....	24
6. Návrh zdrojů k vytápění objektu a ohřevu TV.....	26
6.1 Navrhované zdroje vytápění .....	27
6.2 Pořizovací náklady navržených topných systémů.....	29
6.3 Provozní náklady navržených topných systémů .....	32
7. Ekonomická zhodnocení navržených systémů.....	33
8. Environmentální zhodnocení navržených systémů .....	35
9. Závěr .....	36
10. Použitá literatura .....	37
11. Seznam obrázků .....	37
12. Seznam tabulek .....	38
13. Seznam příloh .....	38

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra energetiky

## Zadání bakalářské práce

Student:

**Tomáš Barát**

Studijní program:

B2341 Strojírenství

Studijní obor:

3904R016 Technika tvorby a ochrany životního prostředí

Téma:

**Porovnání využitelnosti vytápění biomasou v obytném domě**  
**Comparison of Biomass Conversion Units in the House**

Zásady pro vypracování:

Proveďte porovnání výhodnosti využití různých typů spalovacích zařízení na biomasu pro vytápění domu. Práci realizujte pro konkrétní případ. Jednotlivé návrhy ekonomicky a environmentálně porovnejte mezi sebou, případně s konvenčním způsobem zásobování teplem. Součástí práce bude stanovení potřeby tepla pro vytápění a ohřev TUV konkrétního domu.

Seznam doporučené odborné literatury:


- [1] DIDUŠKOVÁ, M., VOTÁPEK, M. *Jak investovat do úspor a šetřit vlastní kapitál*. Energy Performance Contracting. Praha: SEVEN, 1995. 50 s.
- [2] RÉDR, M., PŘÍHODA, M. *Základy tepelné techniky*. Praha: SNTL, 1991. ISBN 80-03-00366-0.
- [3] KOL. AUTORŮ. *Energetický audit. Metodika auditu*. Praha: ČEA, 1996.
- [4] KOL. AUTORŮ. *Metodika energetického auditu*. Praha: ČEA, 1996.
- [5] *Prospekty firem zabývajících se využíváním biomasy*. www stránky.
- [6] *Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření s energií*.
- [7] [www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz)

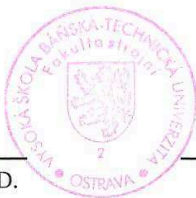
Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Dagmar Juchelková, Ph.D.**

Datum zadání: 16.12.2011

Datum odevzdání: 21.05.2012

  
prof. Ing. Dagmar Juchelková, Ph.D.  
vedoucí katedry

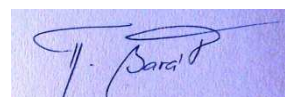


  
prof. Ing. Radim Farana, CSc.  
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě: 21. 5. 2012

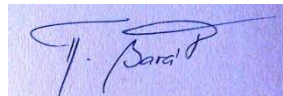


podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 21. 5. 2012



.....  
podpis

Jméno a příjmení autora práce: Tomáš Barát

Adresa trvalého pobytu autora práce: Družstevní 1558, 688 01 Uherský Brod

**ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

BARÁT, T. *Porovnání využitelnosti vytápění biomasou v obytném domě: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra energetiky, 2012, 42 s. Vedoucí práce: Juchelková, D.

Bakalářská práce se zabývá porovnáváním vytápění biomasou s běžnými konvenčními technologiemi, jako je elektrická energie a energie plynu. Toto porovnání jsem aplikoval na reálný objekt, kde jsem stanovil tepelnou ztrátu a potřebu tepla pro ohřev teplé vody (TV). Provedl jsem přesné kalkulace jednotlivých systémů – investiční náklady, ke kterým jsem pak provedl výpočet ročních provozních výdajů za energii dle druhu paliva. Tyto hodnoty jsem mezi sebou vzájemně porovnal a vyhodnotil, který systém je pro daný objekt nejvýhodnější z hlediska ekonomického a také z hlediska environmentálního.

**ANNOTATION OF BACHELOR THESIS**

BARÁT, T. *Comparison of biomass conversion units in the house: Bachelor Thesis*. Ostrava : VŠB –Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Energy, 2012, 42 p. Thesis head: Juchelková, D.

This thesis deals with the comparison with biomass heating and conventional technologies such as electricity and gas energy. This comparison, I applied to the real object, which calculates the heat loss and heat requirement for hot water. I made a precise calculation of each system - investment costs, which are then carried out the calculation of the annual operating energy costs by fuel type. These values, I compared each other and to evaluate which system is best for the object in terms of economic and environmental terms.

**Seznam použitých zkratk a symbolů**

$A$	půdorysná plocha podlahy objektu	[m <sup>2</sup> ]
$A_f$	vytápěná plocha	[m <sup>2</sup> ]
$F_{i,HL}$	celková ztráta	[W]
$F_{i,T}$	součet tepelných ztrát prostupem	[W]
$F_{i,V}$	součet tepelných ztrát větráním	[W]
$H_2^r$	obsah vodíku v surovém vzorku paliva	[%]
$K$	obsah draslíku	[%]
$LTO$	lehký topný olej	[m <sup>3</sup> ]
$N_2$	obsah dusíku	[%]
$P_O$	exponovaný obvod objektu	[m]
$P$	obsah fosforu	[%]
$Q_h$	výsledná potřeba tepla na vytápění	[kWh]
$Q_i$	výhřevnost	[MJ/kg]
$Q_i^r$	výhřevnost surového vzorku	[MJ/kg]
$\dot{Q}_{KOTLE}$	tepelný výkon kotle	[W]
$Q_n$	spalné teplo	[MJ/kg]
$Q_n^r$	spalné teplo surového vzorku	[MJ/kg]
$Q_s$	přibližný tepelný zisk se slunečního záření	[kWh/rok]
$Q_t$	potřeba tepla ke krytí tepelných ztrát prostupem	[kWh/rok]
$\dot{Q}_{TV,den}$	denní potřeba tepla pro ohřev TV	[kWh/den.osoba <sup>-1</sup> ]
$\dot{Q}'_{TV,den}$	denní potřeba tepla pro ohřev TV	[kJ/den.osoba <sup>-1</sup> ]
$\dot{Q}_{TV3,den}$	denní potřeba tepla pro ohřev TV pro 3 osoby	[kWh/den.osoba <sup>-1</sup> ]
$\dot{Q}_{TVR}$	roční potřeba tepla pro ohřev TV pro 3 osoby	[kWh/rok]
$Q_v$	potřeba tepla ke krytí tepelných ztrát větráním	[kWh/rok]
$Q_z$	přibližný tepelný zisk z vnitřních zdrojů	[kWh/rok]
$S$	obsah síry	[%]
$T_e$	návrhová externí teplota	[°C]
$T_{e,m}$	průměrná roční externí teplota	[°C]

$T_{i,m}$	průměrná interní teplota	[°C]
$TV$	teplá voda	[m <sup>3</sup> ]
$Q_{TZ}$	tepelná ztráta	[kW]
$V$	obestavěný prostor vytápěných částí budovy	[m <sup>3</sup> ]
$W$	obsah vody v surovém vzorku paliva	[%]
$c_{H_2O}$	měrná tepelná kapacita vody	[J/kg.K <sup>-1</sup> ]
$f_{g1}$	činitel ročního kolísání venkovní teploty	[1]
$g$	propustnost oken	[W/m <sup>2</sup> ]
$\dot{m}_v$	hmotnostní průtok vody	[kg/s]
$n$	násobnost výměny	[1/h]
$n_{osob}$	počet osob	[1]
$\Delta t$	teplotní rozdíl	[°C]
$\lambda$	přebytek vzduchu	[%]



## **1. Úvod**

Člověk využívá biomasu ke svému užitku již po staletí. Je pravdou, že postupem vývoje dnešní společnosti, se využívání biomasy dostalo do ústraní kvůli využívání fosilních paliv. Nyní ale nastala doba, kdy lidé a společnost všeobecně je nucená smýšlet ekologicky a ekonomicky, a tím pádem se i vrací k využívání tzv. biomasy jakožto ekologického zdroje vytápění.

Téma této práce jsem si vybral, protože již pár let pracuji pro jednu nejmenovanou firmu, která se snaží provádět osvětu v topení a snaží se, aby lidé topili ekologickým, ekonomickým a pohodlným způsobem. Další důvod, proč jsem si toto téma vybral, je ten, že celý můj život mne velice zajímá spalování a veškeré záležitosti s ním spjaté.

Tato práce by měla sloužit lidem, kteří se chystají stavět dům, jako pomůcka při rozhodování se jakým způsobem vytápět svůj domov. Také by měla sloužit i těm co už postaveno mají a rozhodují se ke změně způsobu vytápění.

## **2. Charakteristika biomasy a její rozdělení**

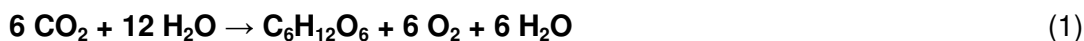
### **2.1 Definice biomasy**

Biomasa je veškerá organická hmota rostlinného a živočišného původu. Co se týče energetických zdrojů, tak se většinou jedná o dřevo v různé podobě, slámu, různé zbytky ze zemědělské činnosti a také o trus hospodářských zvířat.

### **2.2 Vznik biomasy**

Alfou i omegou veškeré tvorby a růstu biomasy je proces zvaný fotosyntéza. Jedná se o velmi složitý děj, který probíhá nejenom u rostlin. Při fotosyntéze odebírá rostlina z atmosféry oxid uhličitý. Za pomoci zachycené energie ze Slunce a vody z půdy ho přeměňuje na glukózu a kyslík. Kyslík je vlastně vedlejším produktem této chemické reakce.

Fotosyntézu popisuje tato chemická rovnice [7]:



### **2.3 Rozdělení biomasy**

Biomasu můžeme rozdělit na tři hlavní druhy:

- Fytomasa – je pěstovaná na zemědělské půdě, rostlinná hmota
- Dendromasa – lesní biomasa tzn. dřevní hmota
- Zbytková biomasa – zbytkový produkt zemědělského a zpracovatelského průmyslu

## **2.4 Využívání biomasy k energetickým účelům**

Pokud chceme využívat biomasu k energetickým účelům, tak musíme znát určité její vlastnosti. Víceméně nejdůležitějším parametrem biomasy je vlhkost. Jedná se o poměr sušiny a vody v dané hmotě. Dle vlhkosti rozdělujeme na tzv. mokré procesy (nad 50 % vlhkosti) a na suché procesy (pod 50 % vlhkosti).

### **Energetické využití biomasy:**

#### **A) SUCHÉ procesy – termochemická přeměna**

- Spalování
- Zplyňování
- Pyrolýza

#### **B) MOKRÉ procesy – biochemická přeměna**

- Alkoholové kvašení – výroba etanolu
- Metanové kvašení – výroba bioplynu

#### **C) Mechanická a chemická přeměna biomasy**

- Mechanická (štípání, řezání, drcení, peletování, briketování, mletí atd.)
- Chemická (esterifikace surových olejů) – výroba příměsí nafty

Biomasa může být různě geometricky upravována – štěpkování, sekání, štípání apod. Dále můžeme biomasu různými způsoby zušlechťovat – drcením a pak lisováním na pelety či brikety. [8]

## **2.5 Biomasa vhodná k vytápění**

Nejvyužívanější formou biomasy je dřevo. Dřevo může být v různých podobách. Nejčteněji využívané je v podobě kusového dřeva. Nové trendy v podobě automatických kotlů nám však umožňují spalovat dřevo v podobě štěpky a pelet. A to plně automaticky a bezobslužně.

### **Kusové dřevo**

Jedná se o nejrozšířenější topné médium. Je oblíbené pro svoji dostupnost a relativně nízkou cenou. Avšak výhodná cena se negativně odráží v nutnosti dalšího zpracování. Bývá spalováno v klasických kotlích. Je spalováno v kotlích přímo určených ke spalování dřeva[4.1], ale bohužel je také spalováno – nedokonale- v kotlích, které na to nejsou určené. Často se jedná o kotle určené ke spalování koksu a černého či hnědého uhlí.

Ke zpracování dřeva je nutné mít další mechanizaci. Jedná se o motorovou pilu, malotraktor, vozík, cirkulární pilu, sekeru a vlastní sílu. Bohužel jen málo lidí si uvědomuje, že vlastní síla tady toto palivo velmi prodražuje. Další nevýhodou je, že člověk není fyzicky schopný topit dřevem celý



Obr. 2.1 Kusové dřevo [9]

život. Samozřejmě existují světlé výjimky, ale realita je taková, že 90% běžné populace je schopná topit dřevem jen omezenou dobu kvůli změně zdravotního stavu.

#### Výhody:

- ekologický zdroj energie – nulová bilance CO<sub>2</sub>
- obnovitelný zdroj energie
- popel lze využít jako hnojivo
- pořizovací hodnota

#### Nevýhody:

- nutnost mít velké zásoby – min. na 3 roky dopředu kvůli vlhkosti
- pravidelná fyzicky náročná příprava
- nutnost denně zatápět
- nutnost častého přikládání cca každé 2 - 3 hodiny
- absence jakékoliv automatizace přikládání

#### Dřevní štěpka

Dřevní štěpka je biomasa vzniklá strojním opracováním lesa a různého dřevního odpadu. Štěpka bývá zpracována na částice o frakci od 2 do 250 mm. Je získávána jako odpad – lesní těžba, průmyslová výroba nebo jako primární médium – háj rychle rostoucí dřeviny.



Obr. 2.2 Štěpka [10]

Štěpka je velmi laciné palivo avšak není zcela technologicky a konstrukčně snadné ji spalovat a automaticky dopravovat do kotle.

Dle kvality můžeme rozeznat tři druhy štěpky – zelená, hnědá a bílá. Zelená je surová štěpka z lesní těžby, která obsahuje listí a jehličí. Hnědá štěpka je již oproštěna o listí a jehličí, obsahuje však nežádoucí kůru. Bílá štěpka. Jedná se o nejčistší štěpku, která vzniká z odkorněného nadrceného dřevního odpadu.

#### Výhody:

- cenová dostupnost
- rychlé schnutí
- velmi dobře hoří (jedná-li se o bílou štěpku)
- automatizace dopravy k roštu kotle

#### Nevýhody:

- nutno mít velké prostory na skladování
- potřeba mít relativně velkou mechanizaci (traktory, rozhrnovače, drtiče apod.)
- problematická automatizace dopravy paliva k roštu
- vysoká pořizovací cena kotlů na štěpku

### **Dřevěné brikety**

Dřevěné brikety vznikají lisováním dřevního odpadu v podobě hoblin a pilin. Hobliny a piliny jsou lisovány za působení velkého tlaku a teploty bez přídavných chemických pojiv. Důležité hledisko opět hraje vlhkost. Vstupní materiál před výrobou briket musí mít vlhkost do 15 % a je nutné dodržet požadovanou frakci média. Výhřevnost briket je relativně vysoká – 18 až 20 MJ/kg dle vlastností média na vstupu.[11]



Obr. 2.3 Dřevěné brikety [11]

#### Výhody:

- vysoká výhřevnost
- dlouhá doba hoření 3 - 12 h
- malé množství popela (cca 1 %)
- menší nároky na skladovací prostory než u kusového dřeva

#### Nevýhody:

- vyšší pořizovací cena
- horší automatizace provozu

- vysoké výrobní náklady

### **Dřevní pelety**

Vstupní výrobní médium při výrobě pelet bývají hobliny, piliny a jiný dřevní odpad, který vzniká v různých dřevozpracujících průmyslech. Vlhkost pelet by měla být do 10%. Vstupní médium se na některých výrobních linkách dosušuje, ale existují i výrobní linky, které vstupní médium nedosuší. Pelety vznikají lisováním dřevní hmoty při vysokém tlaku a



Obr. 2.4 Dřevěné pelety [12]

teplotě, kdy procházejí skrze matrici. Výhřevnost dřevních pelet dosahuje 18 - 20 MJ/kg.

#### **Výhody:**

- vysoká výhřevnost
- výborné skladování a manipulace
- automatizace procesu dopravy a spalování
- velmi nízký obsah vody – do 10 %

#### **Nevýhody:**

- vysoké pořizovací náklady na spalovací zařízení
- energeticky a finančně nákladná výroba pelet

## **3. Spalování biomasy**

Spalováním biomasy, konkrétně dřeva, dochází k chemické reakci, při které dochází k uvolňování tepla. Důležitým parametrem při spalování dřeva je vlhkost, která má zásadní vliv na jeho výhřevnost. Dřevo se tedy musí nechat patřičně proschnout. Doporučovaná vlhkost dřeva je do 30 %, ale ideální stav je, když je vlhkost do 20 %. Když vezmeme 1 kg vlhkého dřeva, tak jsme schopni z něj vyrobit cca 11 723 kJ/hod. Ze stejného množství suchého dřeva jsme schopni vyrobit zhruba 14 654 kJ/hod. To znamená, že čím sušší dřevo mám, tím více energie lze vytěžit. Když to shrneme, tak spalovat vlhké dřevo je obrovským mrháním energií. Nehledě na to, že 90 % všech spalovacích zařízení trpí při spalování velmi vlhkého paliva chemickou korozi. Existují samozřejmě i zařízení, která si s vysokou vlhkostí dokáží poradit, ale i tak je to na úkor výhřevnosti.

VÝHODY:

- jako zdroj energie má obnovitelný charakter
- tuzemský zdroj energie
- pěstováním energetických plodin je možné využívat přebytečnou zemědělskou půdu, která se nehodí nebo stále není potřebná k potravinářské výrobě
- zbytek po zpracování lze využít jako hnojivo
- energetické využití biomasy má menší negativní dopady na životní prostředí
- může zvýšit zaměstnanost

NEVÝHODY:

- větší obsah vody a tudíž nižší výhřevnost
- větší objem paliva, vyšší nároky na skladovací prostory
- nutnost úpravy paliva (sušení, tvarování, atd.) vyžadují investice do nových zařízení
- u výroby a využití bioplynu poměrně vysoké investiční náklady na technická zařízení, což zvyšuje cenu vyrobené energie
- poměrně složitá manipulace s palivem ve srovnání s plynem, elektřinou, LTO
- lokální využití paliva

**3.1 Parametry dřevní biomasy ke spalování**

Rozhodující parametry u biomasy jsou její výhřevnost  $Q_i$  a spalné teplo  $Q_n$ .

**Výhřevnost  $Q_i$ :** je to energie získatelná spálením jednotkového množství (obvykle 1kg) paliva za vzniku spalin, obsahující vodu ve formě páry.

**Spalné teplo  $Q_n$ :** Definice spalného tepla se liší tím, že spalné teplo navíc zahrnuje kondenzační teplo vody obsažené ve spalinách.

Spalné teplo  $Q_n$  je vždy větší než výhřevnost  $Q_i$ .

$$Q_n \geq Q_i \quad (2)$$

Spalné teplo  $Q_n$  měříme a výhřevnost  $Q_i$  dopočítáváme pomocí vztahu:

$$Q_n^r = Q_i^r + 2,453 \cdot (W^r + 9 \cdot H_2^r) \quad (3)$$

kde: 2,453 [kJ/kg] je výparné teplo vody

$W^r$  je obsah vody v surovém vzorku [%]

$H_2^r$  je obsah vodíku v surovém vzorku [%]

Dále nás zajímá složení biomasy:

Hořlavina: - hořlavina se v tuhých palivech nachází ve dvou formách. Tou první formou je tzv. prchavá hořlavina, kterou můžeme jednoduše definovat jako plyn, který se z paliva uvolňuje, když dojde k zahřátí paliva na určitou teplotu a vnějším projevem spalování této prchavé hořlaviny je plamen. Další formou hořlaviny, která se nachází v palivu je tzv. neprchavý zbytek. Můžeme jej nazvat i jako pevný podíl hořlaviny. Jedná se o hořlavinu, která v palivu zůstává po uvolnění prchavé hořlaviny. Tato hořlavina je tedy vázána v pevném zbytku paliva, což je palivo, které je zbaveno plynné resp. prchavé složky, je tzv. „odplyněné“. Kromě pevného podílu hořlaviny tato část obsahuje také popeloviny.

Příkladem takto odplyněného paliva je např. koks nebo dřevěné uhlí. Projevem hoření tuhého zbytku hořlaviny je žhnutí. Je obecně známé, že čím je palivo starší, tak tím má nižší podíl prchavé hořlaviny. Protipólem koksu a dřevěného uhlí je např. několik měsíců stará sláma.

palivo	koks	černé uhlí	hnědé uhlí	dřevo	sláma
prchavá hořlavina [%]	2	20	55	75	80

Tab. 3.1 Obsah prchavé hořlaviny [6]

Z tabulky vidíme, že koks prakticky neobsahuje skoro žádnou prchavou hořlavinu, protože jeho výroba je založena na zbavení prchavé hořlaviny černého uhlí. Kvůli tomu také koks nehoří plamene, ale jen žhne za vysokých teplot. Černé uhlí můžeme díky malému obsahu prchavé hořlaviny označit za nízkoplamenné palivo. Hnědé uhlí má oproti černému uhlí více než o polovinu větší podíl prchavé hořlaviny a mezi fosilními palivy je bráno za palivo dlouhoplamenné. Biomasa, která má podíl prchavé hořlaviny největší se často stává, že lidé zaměňují pojmy spalování a zplyňování. Je to zapříčiněno tím, že proces hoření tuhého paliva vždy prochází zplyňovací fází, která poté přechází do spalovací fáze. Tyto fáze jsou zvýrazněny velkým obsahem prchavé hořlaviny v biomase. [6]

Přibližné složení hořlaviny:

- uhlík 50 %, kyslík 43 %, vodík 6 %, popel 1 %

V menším množství se v biomase vyskytuje: N<sub>2</sub>, P, S, K

Obsah popela:

Biomasa obsahuje popel (0,1 – 6 %). Obsah popela závisí na čistotě, resp. znečištění dřeva (kůra 1%, samotné dřevo 0,5 %, sláma 4 – 6 % atd.)

Obsah vody:

Biomasa sušená na vzduchu obsahuje 10 – 20 % vody. Čerstvě pořezané dřevo obsahuje zhruba 50% vody.

## **4. Kotle ke spalování biomasy**

Vždy v moderní době existovaly kotle ke spalování biomasy, potažmo dřeva. V 90. letech 20. století stát podporoval přechod na jiné systémy vytápění. Jednalo se o vytápění plynem a elektřinou. Bohužel, jak to už tak bývá, to byl jen přechodný boom. Dnes se lidé snaží přecházet zpátky k tuhým palivům. Je to hlavně kvůli neustále zdražující se elektrické energii a plynu.

Co se týče kotlů pro rodinné domy, tak existuje celá řada takovýchto zařízení. Kotel zajišťuje dodávku tepla v domě a také se s ním ohřívá teplá voda.

### **4.1. Kotle s ručním přikládáním**

Jsou to klasické kotle na koks, černé uhlí, kusové dřevo, kaly apod.[5.1] Vyrábí se buďto svařováním plechů o tloušťce 3 – 6 mm nebo se odlévají jako funkční celky z litiny. V těchto kotlích lze spalovat velké kusy dřeva, které musí být dopraveny do kotle manuálně. Výkon kotle ovlivňuje kvalita dřeva a velikost spalovací komory. Účinnost spalování v těchto kotlích je okolo 60 – 80 %.

Existují tři druhy těchto kotlů:

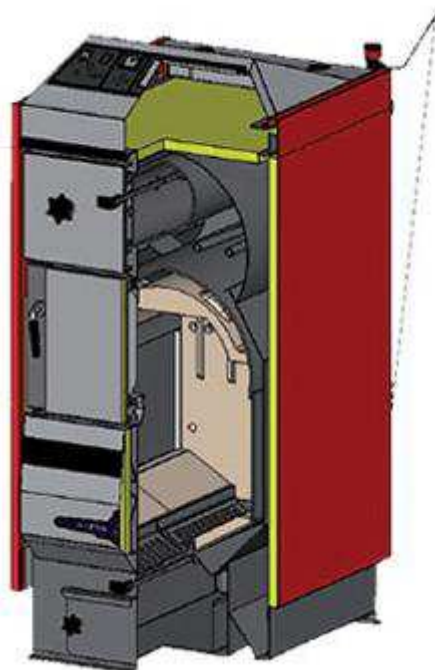
- **Prohořivací kotle**
- **Odhořivací kotle**
- **Zplyňovací kotle**

Prohořivací kotle:

V tomto druhu kotle dochází ke spalování přímo v příkladací komoře. V kotli je nějaká žhavá vrstva např. dřevěného uhlí a na tuto vrstvu přiložíme čerstvá polena dřeva, tak okamžitě dojde k nahřátí dřeva, které jsme přiložili a ve velice krátké době dojde k zplyňování – začne se uvolňovat prchavá hořlavina.



To jak rychle začne docházet ke zplyňovacímu procesu a k procesu hoření závisí na několika faktorech. Jedním z faktorů je např. vlhkost dřeva. Pakliže je dřevo příliš vlhké, tak dojde k velké spotřebě tepla ze základní vrstvy nahořelého paliva, které je spotřebováváno k vysušení a palivo se prohřívá pomaleji. Někdy může dojít k tak velké spotřebě tohoto tepla, že dojde k velkému ochlazení spalovací komory, že se sice začne proces uvolňování prchavé hořlaviny, ale nedosáhne se zážehové teploty, která je někde



Obr. 4.1 Prohořivací kotel Atmos D15 [8]

okolo 250 °C. Tento proces je příčinou valícího se tmavošedého dýmu (směsi sazí z nedokonalého dohořívání základní vrstvy a páry z vlhkého dřeva). Opačná extrémní situace nastává, když přiložíme drobně našťipané dřevo ve velké vrstvě do rozpáleného kotle. V tomto případě dochází k velmi rychlému odplynění, spalovací komora se zaplní prchavou hořlavinou, ale kvůli nedostatku kyslíku nedojde k zapálení. Než se kyslík dostane k hořlavině, tak je její velká část vytažena komínem a dochází ke ztrátám tepla.

Jedná se o tzv. ztrátu plynným nedopalem. V tomto případě může nastat další problém. Pokud je člověk, který obsluhuje kotel, příliš netrpělivý a otevře horní příkládací dvířka v okamžiku, kdy k zapálení chybí potřebné množství kyslíku, tak tímto otevřením chybějící kyslík dodá. To má bohužel za následek výbuch, který je u těchto typů kotlů velmi častým jevem.

Prohořivací kotle byly původně určeny ke spalování koksu. Toto palivo totiž, jak víme, má minimum prchavé hořlaviny a riziko výbuchu bylo minimální. Spalování v těchto kotlích je regulováno přísunem spalovacího vzduchu, který je přisáván zpod roštu a těsně nad rošt. Toto množství vzduchu, které se dostane k roštu je dáno tahem komína a je velice nepřesně regulováno pouze v závislosti na teplotě otopné vody. Proto mají tyto kotle velké ztráty a častým jevem je již zmiňovaný tmavý kouř, když dochází ke spalování vlhkého dřeva. Zajímavostí je, že tento kouř je často přisuzován spalováním uhlí, různých odpadů a pneumatik avšak realitou je nedokonalé spalování vlhkého dřeva. [6]

Odhořívací kotle:

U tohoto druhu kotlů již nedochází k přikládání a ke spalování paliva v jedné komoře. Kotel je rozdělen na příkladací komoru (násypka paliva), spalovací komoru a dohořívací komoru. Zde už dochází k podstatně lepšímu dohoření prchavé složky dlouhoplamenných paliv díky dostatečně dlouhé dohořívací komoře. Na rozdíl od prohořívacích kotlů jsou odhořívací kotle již částečně vyzděny.

Odhořívací kotle mají podobný neduh jako kotle prohořívací a to konkrétně v přívodu spalovacího vzduchu, jehož množství je opět regulováno pouze velikostí komínového tahu. Při optimálních podmínkách v počáteční fázi hoření dochází k postupnému uvolňování prchavé hořlaviny a k jejímu, v rámci možností, kvalitnímu vyhořívání. Kotel se rozhoří a prohřeje se komínové trasy a komín začne táhnout. Pak ale nastane situace, kdy tah je příliš velký a naopak proces zplyňování se zpomaluje a je potřeba menšího množství vzduchu. Špatná regulace bohužel nemůže zabránit ochlazení plamene velkým nadbytkem nasávaného spalovacího vzduchu a dochází opět k plynnému nedopalu. Člověk neudělá správně ani, když uzavře otvory pro přisávání spalovacího vzduchu. Tímto dojde k odsátí velkého množství nevyužité prchavé hořlaviny do komína, neboť ta se i po odstavení kotle v rozpálené příkladací komoře uvolňuje z paliva a nestačí vyhořet. To má samozřejmě za následek vznik velkých ztrát plynným nedopalem. [6]



Obr. 4.2 Odhořívací kotel Viadrus [13]

### Zplyňovací kotle:

Tento druh kotlů je již vybaven ventilátorem, který řídí přívod spalovacího vzduchu. Jsou konstruovány tak, že lze docílit postupného nahřívání dřeva a i prchavá hořlavina je uvolňována postupně.

Zplyňovací kotle mají velkou dohořivací komoru, která je vyrobena ze žárobetonových tvárnic, v kterých je udržována dostatečná teplota pro vyhoření hořlaviny, a do které je přiváděn sekundární spalovací vzduch. Všechna uvolněná prchavá hořlavina musí projít rozžhavenou vrstvou paliva a tryskou, která je



Obr. 4.3 Zplyňovací kotel Guntamatic Biosmart [14]

ve spodní části příkladací komory. Tryska je velikostně dimenzována tak, že dovolí průchod jen omezenému množství hořlaviny. Toto množství hořlaviny odpovídá hořlavině, která je schopna shořet v dohořivací komoře. Přebytečná hořlavina, která se rychle uvolní je nahromaděna nad palivem v příkladací komoře a postupně je odtahovým ventilátorem dávkována do procesu spalování.

Množství spalovacího vzduchu, které je nasáváno odtahovým ventilátorem, je často řízeno na základě údajů z čidla, které ve spalínách vyhodnocuje přebytek kyslíku. Přebytek obecně nazýváme  $\lambda$ , proto se čidlo nazývá  $\lambda$  – sonda. Menší část vzduchu je přiváděna k roštu pro spalování tuhého podílu a větší část spalovacího vzduchu je míchána s plamenem v trysce nebo přiváděna do dohořivací komory. Tato uvolněná prchavá hořlavina je nebo tzv. dřevoplyn je zužitkován s relativně vysokou efektivitou.

Problém však u tohoto typu kotle nastává v případě, že dojde ke spalování dřeva s vlhkostí nad 20 %. Jestliže je příkladací komora studená, může docházet v její horní části ke kondenzaci vodní páry vzniklé odpařením vody z vlhkého paliva. Díky tomuto procesu tedy dojde ke vzniku velmi agresivního kondenzátu, který může během několika let kotlové těleso dokonale rozložit. [6]

### Výhody:

- velmi nízká cena

- možnost spalovat více paliv
- relativně jednoduchá údržba
- snadná obsluha
- možnost spalovat velké kusy dřeva

#### Nevýhody:

- ruční přikládání a zatápění
- špinavý a prašný provoz
- špatná regulace
- nedokonalé spalování – vysoké emise
- akumulční nádrž – pakliže kotel nechceme škrtit

### **4.2. Automatické kotle**

Automatické kotle [4.4] jsou kotle, které používají tu nejmodernější technologii spalování biomasy. Legislativa, která platí v České Republice, je označuje jako kotle se samočinnou dodávkou paliva. Z tohoto tvrzení tedy vyplívá základní rozdíl oproti kotlům prohořivacím, odhořivacím a zplyňovacím. Zatímco v případě kotlů s ruční přikládkou je palivo přiloženo do kotle pro několikahodinové spalování, tak u automatických kotlů je palivo dodáváno do spalovací komory postupně podle aktuální potřeby z externího zásobníku. U běžných kotlů s ručním přikládáním se palivo s určitým stupněm kontroly odplyní a vzniklý dřevoplyn se podle konkrétní technologie, s různou účinností využije. Je potřeba mít k dispozici dostatečně velký rošt pro dohoření zbylé pevné hořlaviny. Výkon těchto kotlů se reguluje množstvím spalovacího vzduchu, který je přiváděn.

V případě automatické dodávky paliva je výkon regulován množstvím přiváděného paliva. Do spalovacího procesu je přiváděno jen tolik paliva, kolik je v danou chvíli potřeba pro okamžitý výkon kotle. Není nutná nijak



Obr. 4.4 Automatický kotel Guntamatic Biostar [15]

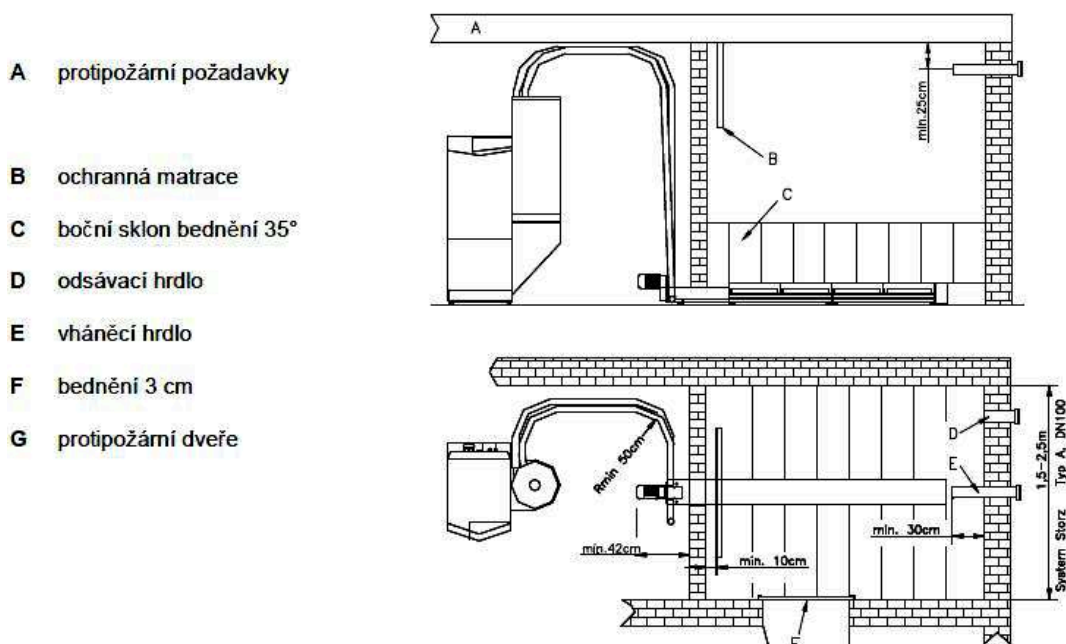
velká roštová část, na které dochází k rychlému zplynění i vyhoření tuhých zbytků. Celý tento spalovací proces probíhá s velmi vysokým stupněm regulace. Naopak oproti malé roštové části je zapotřebí velkého prostoru k dohořívání. Tento prostor je osazen velkým množstvím žáruvzdorné vyzdívky, která umožňuje udržet vysokou teplotu pro dokonalé vyhoření prchavé hořlaviny.

Nevýhodou této technologie je, že není možné spalovat kusové dřevo. Je pravda, že někteří výrobci nabízejí automatické kotle, o kterých prohlašují, že umí spalovat i kusové dřevo. To je sice pravda, ale pouze s ručním přikládáním a bez jakéhokoliv řízení. To znamená, že nastávají u tohoto typu spalování stejné problémy jako u kotlů s ručním přikládáním. V těchto kotlích jsme schopni spalovat palivo o předepsané frakci v řádech centimetrů. Můžeme v nich spalovat tedy piliny, hobliny, štěpku a v malých kotlích především dřevěné pelety.

#### Mechanismy automatické dopravy paliva:

Mechanismus spočívá v tom, že nejčastěji šnekový dopravník dávkuje palivo do hořáku dle přesných instrukcí řídicí jednotky kotle [4.5]. Automatické kotle té nejvyšší kvality jsou dokonce vybaveny lambda-sondou, která nám přesně hlídá proces spalování a tím je zaručeno velice efektivní využití paliva a minimální emise, které zatěžují životní prostředí. Tyto kotle jsou schopny pracovat plně automaticky, pokud mají dostatek paliva v zásobníku. Kotel se umí sám zapálit, vyhasnout a regulovat svůj výkon. Většinou jediné co vyžadují, jednou za určitý časový úsek, je vysypání popelníku. Existují však kotle, které jsou vybaveny automatickým odpopelněním, takže proces vynášení popela je značně oddálen.

Dále existují kotle, které mají tzv. celosezónní zásobník. To znamená, že palivu je



Obr. 4.5 Schéma celosezónního skladu od firmy GUNTAMATIC [16]

vyčleněn nějaký prostor poblíž kotelny. Může to být část sklepa či bývalý sklad uhlí. Sklad se vytvoří usazením šnekového žlabu, který je vhodně umístěn v závislosti na propozici kotelny a potřebném množství paliva. Z tohoto celosezónního zásobníku je potom palivo dopravováno do mezizásobníku kotle pneumatickým podavačem. Jedná se o uzavřený pneumatický okruh, kde je pomocí průmyslového vysavače nasáváno palivo a dopravováno do mezizásobníku kotle. Tento mezizásobník se konstruuje tak, aby v něm palivo vydrželo nejméně 18 hodin. Jedná se o relativně hlučný proces. Výrobci takovýchto kotlů ale mysleli i na toto a v nastavení kotlů lze povolit „přikládání“ jen v určitém časovém úseku. To znamená, že obyvatelé daného domu nejsou rušeni ve večerních hodinách.

#### Výhody:

- automatický chod
- tepelný komfort
- jednoduchá údržba
- čistý provoz
- možnost plynulé regulace
- možnost ekvitermního řízení
- velmi nízké emise
- nepotřebují akumulční nádrž

#### Nevýhody:

- vstupní investice
- nedokáže spalovat kusové dřevo

## **5. Tepelná ztráta a teplo potřebné k ohřevu TV**

### **5.1 Výpočet tepelných ztrát objektu**

dle ČSN EN 12831, ČSN 730540 a STN 730540

Tepelné ztráty objektu byly spočítány společností Kveedo v rámci tepelného auditu[5].

### **Ztráty 2009**

Varianta:

Návrhová (výpočtová) venkovní teplota  $T_e$  : -12,0 °C

Průměrná roční teplota venkovního vzduchu  $T_{e,m}$ : 8,6 °C

Činitel ročního kolísání venkovní teploty  $f_{g1}$  : 1,45

Průměrná vnitřní teplota v objektu  $T_{i, m}$ : 20,5 °C

Půdorysná plocha podlahy objektu A: 142,0 m<sup>2</sup>

Exponovaný obvod objektu  $P_o$ : 54,0 m

Obestavěný prostor vytápěných částí budovy  $V$ : 898,2 m<sup>3</sup>

Účinnost zpětného získávání tepla ze vzduchu: 0,0 %

Typ objektu: bytový[5]

### CELKOVÉ TEPELNÉ ZTRÁTY OBJEKTU

#### **ZÁVĚREČNÁ PŘEHLEDNÁ TABULKA VŠECH MÍSTNOSTÍ:**

Návrhová (výpočtová) venkovní teplota  $T_e$  : -12.0 °C

Označení p./č.m.	Název místnosti	Teplota $T_i$ [°C]	Vytápěná plocha $A_f$ [m <sup>2</sup> ]	Objem vzduch $V$ [m <sup>3</sup> ]	Celk. ztráta $F_{iHL}$ [W]	% z celk. $F_{iHL}$
1/101	Chodba	20	20,7	64,9	788	9,3
1/103	Pracovna	22	12,4	29,8	494	5,8
1/104	Pracovna	22	12,2	29,3	424	5,0
1/105	Pracovna	22	12,4	29,8	723	8,5
1/106	Dílňa	18	27,4	65,7	934	11,0
1/107	WC	22	1,5	3,7	22	0,3
1/108	Koupelna	24	7,6	18,1	639	7,5
1/109	N-kotelna	15	22,2	53,2	39	0,5
2/201	Zádveří	20	6,5	16,8	316	3,7
2/202	Chodba	20	10,6	27,7	6	0,1
2/203	WC	22	1,7	3,4	34	0,4
2/204	Koupelna	24	7,0	18,1	345	4,1
2/205	Pracovna	22	14,3	37,1	394	4,6
2/206	Ložnice	22	15,1	39,1	623	7,3
2/207	Ložnice	22	13,0	33,8	504	5,9
2/208	Obytná hala	22	34,0	88,5	1566	18,4
2/210	Sklad	18	10,6	27,7	644	7,6
<b>Součet</b>			<b>229,2</b>	<b>586,7</b>	<b>8497</b>	<b>100</b>

Tab. 5.1 Tepelné ztráty[5]

**Součet tep.ztrát (tep.výkon)  $F_{iHL}$  8,497 kW 100.0 %**

Součet tep. ztrát prostupem  $F_{i,T}$  **6,123 kW** 72.1 %

Součet tep. ztrát větráním  $F_{i,V}$  **2,374 kW** 27.9 %

#### **Tep. ztráta prostupem: Plocha: $F_{i,T}/m^2$ :**

S4-Suter, zdivo	0,282 kW	3,30%	51,2 m <sup>2</sup>	5,5 W/m <sup>2</sup>
Okno	1,044 kW	12,30%	29,5 m <sup>2</sup>	35,4 W/m <sup>2</sup>
Vchodové dveře	0,404 kW	4,80%	9,9 m <sup>2</sup>	0,8 W/m <sup>2</sup>
Str1-Strop příz,	0,541 kW	6,40%	115,6 m <sup>2</sup>	4,7 W/m <sup>2</sup>
P2-Podlaha sutě	0,335 kW	3,90%	116,4 m <sup>2</sup>	2,9 W/m <sup>2</sup>
S5-Suter, zdivo	0,532 kW	6,30%	85,3 m <sup>2</sup>	6,2 W/m <sup>2</sup>

Dveře do koteln,	0,059 kW	0,70%	1,6 m <sup>2</sup>	36,8 W/m <sup>2</sup>
Vnitřní dveře	-0,014 kW	-0,20%	23,1 m <sup>2</sup>	-0,6 W/m <sup>2</sup>
S3-Příčky Ytong	0,095 kW	1,10%	124,2 m <sup>2</sup>	0,8 W/m <sup>2</sup>
Dveře koupelna	-0,013 kW	-0,10%	1,4 m <sup>2</sup>	-9,2 W/m <sup>2</sup>
Vnitřní dveře	0,009 kW	0,10%	11,8 m <sup>2</sup>	0,8 W/m <sup>2</sup>
S6-Suter, zdivo	0,058 kW	0,70%	30,9 m <sup>2</sup>	1,9 W/m <sup>2</sup>
Okno 110	0,030 kW	0,30%	0,9 m <sup>2</sup>	1,4 W/m <sup>2</sup>
Garážová vrata	0,316 kW	3,70%	5,4 m <sup>2</sup>	8,7 W/m <sup>2</sup>
Str2-Strop sutě	0,074 kW	0,90%	63,4 m <sup>2</sup>	1,2 W/m <sup>2</sup>
S1-Tvárnice KMB	0,518 kW	6,10%	113,9 m <sup>2</sup>	4,5 W/m <sup>2</sup>
S2-Příčky KMB 1	0,074 kW	0,90%	67,9 m <sup>2</sup>	1,1 W/m <sup>2</sup>
Tepelné vazby	1,781 kW	21,00%	---	---

Tab. 5.2 Tepelné ztráty[5]

**Přibližná měrná potřeba tepla na vytápění podle STN 730540 (2002):**

Uvažované hodnoty : - obestavěný objem  $V_b = 898.15 \text{ m}^3$

- průměrná vnitřní teplota  $T_i = 20.5 \text{ °C}$
- vnější teplota  $T_e = -12.0 \text{ °C}$
- násobnost výměny  $n = 0,5 \text{ 1/h}$
- průměrný výkon interních zdrojů tepla  $= 4 \text{ W/m}^2$
- propustnost oken  $g = 0,5 \text{ W/m}^2$
- energie slunečního záření  $= 200 \text{ kWh/m}^2$

Potřeba tepla ke krytí tepelných ztrát prostupem  $Q_t$ : 14987 kWh

Potřeba tepla ke krytí tepelných ztrát větráním  $Q_v$ : 9733 kWh

Přibližný tepelný zisk ze slunečního záření  $Q_s$ : 2284 kWh

Přibližný tepelný zisk z vnitřních zdrojů tepla  $Q_z$ : 4585 kWh

**Výsledná potřeba tepla na vytápění  $Q_n$ : 18196 kWh**

**5.2 Výpočet tepla pro ohřev TV****Výpočet potřeby TV pro 1 osobu**

Výpočet TV provedeme pro ohřev 120 l zásobníku na teplou vodu.

$$\begin{aligned}
 \dot{Q}_{TV,den} &= \dot{m}_V \cdot c_{H_2O} \cdot \Delta t \\
 \dot{Q}_{TV,den} &= 120 \cdot 4,19 \cdot (75 - 6) \\
 \dot{Q}_{TV,den} &= \underline{\underline{34693 \text{ kJ}/(\text{den}^{-1} \cdot \text{osoba}^{-1})}}
 \end{aligned} \tag{4}$$

$$\dot{Q}_{TV,den} = \frac{\dot{Q}_{TV,den}}{3600} = \frac{34693}{3600} = \underline{\underline{9,637 \text{ kWh}/(\text{den}^{-1} \cdot \text{osoba}^{-1})}} \tag{5}$$



Výpočet potřeby TV pro 3 osoby

Objekt budou obývat 2 dospělí lidé, kteří do budoucna počítají minimálně s jedním dítětem. Proto je počítána energetická náročnost pro 3 osoby.

$$\begin{aligned}\dot{Q}_{TV3,den} &= n_{osob} \cdot \dot{Q}_{TV,den} \\ \dot{Q}_{TV3,den} &= 3 \cdot 9,637 \\ \dot{Q}_{TV3,den} &= \underline{\underline{28,911 \text{ kWh/den}}}\end{aligned}\tag{6}$$

kde 9,637 kWh jsem dosadil z výpočtu (5)

Výpočet ročních nákladů na ohřev TV

Denní potřebu pro ohřev snadno vynásobíme 365 - ti a získáme celkovou roční potřebu energie pro ohřev TV.

$$\begin{aligned}Q_{TV,R} &= \dot{Q}_{TV3,den} \cdot 365 \\ Q_{TV,R} &= 28,911 \cdot 365 \\ Q_{TV,R} &= \underline{\underline{10,56 \text{ MWh}}}\end{aligned}\tag{7}$$

kde 28,911 kWh jsem dosadil z výpočtu (6)

V závislosti na místě stavby referenčního domu jsem vyhledal dodavatele energií a jejich cenové sazby [8]:

Dodavatel u dřevních pelet byl zvolen Ing. Dauschinger Václav s cenou 5000 Kč/t. Dodavatel plynu by bylo RWE Energie a. s. se sazbou 1533 Kč/MWh a dodavatel elektrické energie je ČEZ a. s. se sazbou pro střední odběr D26d, kde je sazba 2076 Kč/MWh až 3825 Kč/MWh. Zvolím střední hodnotu 2951 Kč/MWh. Cenu za MWh u obilí jsem vypočítal díky empirickému vztahu, že 2,5 kg obilí vydá stejné množství energie jako 2 kg dřevních pelet. Cena za obilí budu počítat 5687 Kč/t.

PALIVO	SAZBA	NÁKLADY
Dřevní peleta:	[1086 Kč/MWh]	Náklad: 11 468 Kč
Obilí	[1364 Kč/MWh]	Náklad: 14 404 Kč
Zemní plyn:	[1533 Kč/MWh]	Náklad: 16 193 Kč
Elektřina:	[2951 Kč/MWh]	Náklad: 31 162 Kč

Tab. 5.3 Náklady – Ohřev TV

Ceny dokládají výhodnost ohřevu TV pomocí dřevěných pelet. Již z ceny megawatthodiny je vidět, že cena zemního plynu je v porovnání s dřevní peletou o cca třetinu vyšší a v porovnání s cenou elektřiny skoro čtyřnásobně dražší než ohřev TV pomocí pelet.

#### Výpočet potřebného výkonu k ohřevu TV

Výkon kotle získám jednoduše dělením spotřeby tepla pro 3 osoby ( $\dot{Q}_{TV3,den}$ ) dvaceti čtyřmi hodinami.

$$\begin{aligned} Q_{KOTLE} &= \frac{\dot{Q}_{TV3,den}}{24} \\ Q_{KOTLE} &= \frac{28,911}{24} \\ Q_{KOTLE} &= \underline{\underline{1,2kW}} \end{aligned} \tag{8}$$

Kvůli rychlejšímu natopení požadovaného objemu vody se vyčlení 3kW výkonu kotle pro ohřev TV.

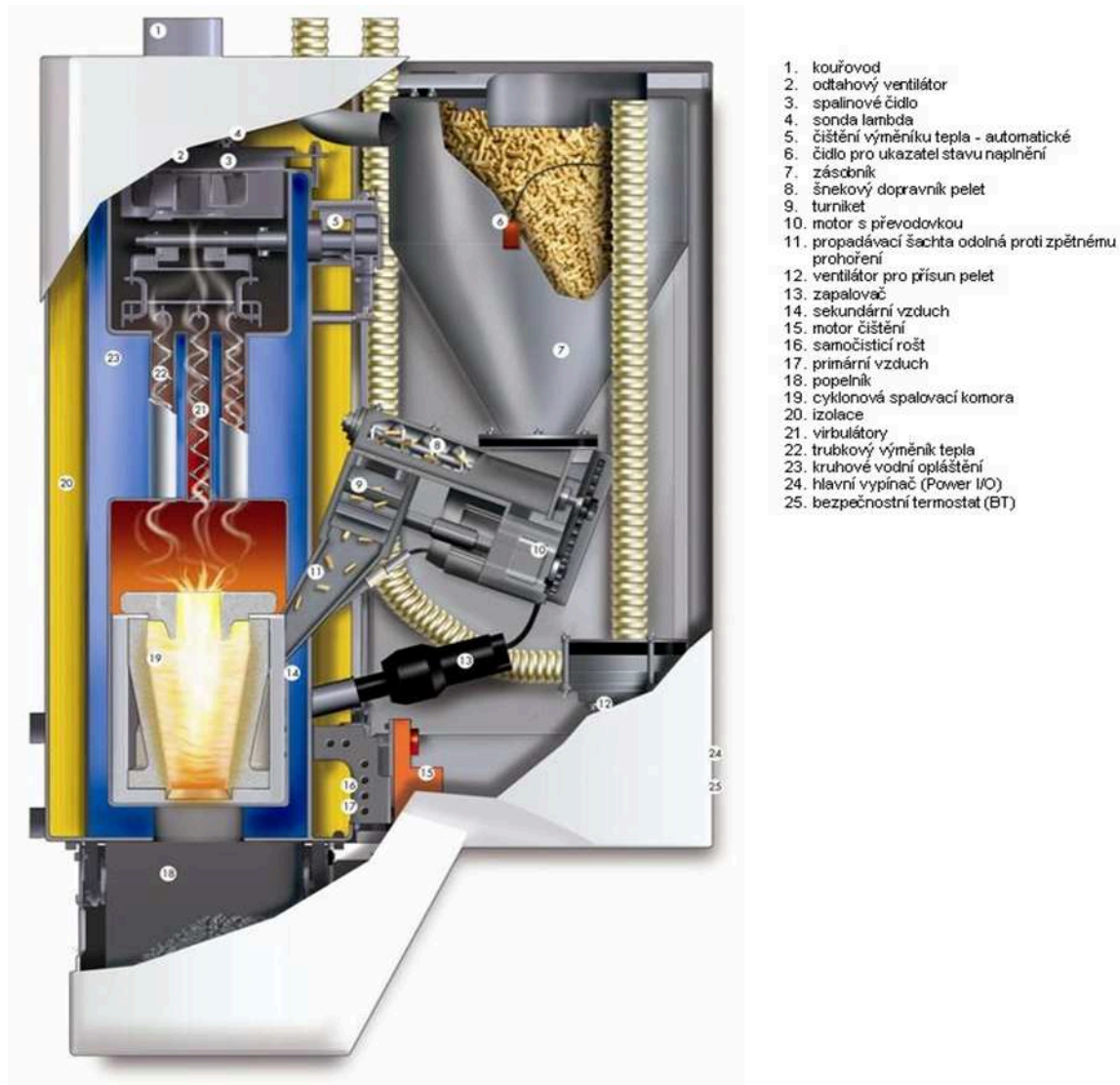
### **6. Návrh zdrojů k vytápění objektu a ohřevu TV**

Rozhodl jsem se pro referenční dům navrhnout a porovnat čtyři druhy vytápění. Budu porovnávat vytápění objektu automatickým kotlem na pelety, automatickým kotlem na obilí, plynovým kotlem a elektrickým kotlem. U těchto čtyř zdrojů vypočítám náklady na topnou sezonu spolu s pořizovacími náklady. Veškeré náklady mezi sebou porovnám. Budu přihlížet k ekonomice provozu, k šetrnosti k životnímu prostředí a k životnosti celého systému.

## 6.1 Navrhované zdroje vytápění

### 1) Guntamatic THERM:

Automatický teplovodní kotel na dřevní pelety o jmenovitém výkonu 10 kW (3 – 10 kW).



Obr. 6.1 Automatický kotel na pelety Guntamatic THERM [17]

2) Benekov R15o:

Automatický kotel na obilí o jmenovitém výkonu (3,5 - 14 kW).



Obr. 6.2 Benekov R15o [18]

3) Rotex GSU 520S (Gas Solar Unit): Plynový kondenzační kotel se solárním ohřevem vody TV o jmenovitém výkonu (4 - 20 kW).



Obr. 6.3 Rotex GSU 520S [19]

4) Rotex ESU 509 (Electric Solar Unit):

Elektrický kotel se solárním ohřevem TV o jmenovitém výkonu 9 kW (3 – 9 kW).

Tepelná ztráta referenčního objektu je 8,5 kW. To znamená, že každý ze zvolených zdrojů nám plně pokryje tepelnou ztrátu. Plynová kondenzační jednotka Rotex GSU je předimenzována o 11,5 kW. To ale nevadí, jelikož každý systém Rotex bude vybaven akumulací nádrží a všechny systémy dokážou modulovat svůj výkon.



Obr. 6.4 Rotex ESU 509 [20]

**6.2 Pořizovací náklady navržených vytápěcích systémů**

Kompletní cenové nabídky byly vytvořeny za pomoci oficiálního kalkulačního listu firmy ESEL technologies s. r. o. [21]

1) Guntamatic THERM: ceny budu uvádět bez daně a u konečné sumace zahrnu i daň

Kotel Guntamatic THERM	198 788 Kč
AKU nádrž ECO 305l	30 153 Kč
Připojovací elementy	13 000 Kč
Ekvitermní řízení kotelny	6 840 Kč
Směšovací okruh	12 249 Kč
Kouřovod	1 534 Kč
Montážní práce	11 475 Kč
<u>Doprava</u>	<u>5 500 Kč</u>
<u>SUMA</u>	<u>279 539 Kč</u>
<b><u>SUMA s DPH (14 %)</u></b>	<b><u>318 675 Kč</u></b>

Tab. 6.1 Náklady – Guntamatic THERM[21]

Jedná se o kotelnu osazenou kotlem Guntamatic THERM doplněnou o akumulční nádrž Guntamatic ECO o objemu 305l. Je zde na ceněn jeden směšovací okruh do podlahového topného systému. Dále je zde na ceněno dopojení kouřovodových cest ke komínu, montážní práce rozvrženy na dva pracovní dny a doprava.

Celková pořizovací hodnota topného systému osazeného teplovodním kotlem Guntamatic THERM je 318 675 Kč s DPH. Je počítáno se 14 - ti procentní daní, protože by se celá kotelna nechala udělat odbornou firmou a zde je snížena daňová sazba na 14 %, protože je celé dílo bráno jako služba.

2) Benekov R15o:

Kotel Benekov R15o	89 900 Kč
AKU nádrž ECO 305l	30 153 Kč
Připojovací elementy	13 000 Kč
Ekvitermní řízení kotelny	15 800 Kč
Směšovací okruh	18 300 Kč
Kouřovod	1 634 Kč
Montážní práce	11 475 Kč
<u>Doprava</u>	<u>2 500 Kč</u>
<u>SUMA</u>	<u>181 862 Kč</u>
<b><u>SUMA s DPH (14 %)</u></b>	<b><u>207 322 Kč</u></b>

Tab. 6.2 Náklady – Benekov R15o[21]

Slovní popis cenové kalkulace:

Jedná se o kotelnu osazenou kotlem Benekov R15o doplněnou o akumulární nádrž Guntamatic ECO o objemu 305l. Je zde na ceněn jeden směšovací okruh do podlahového topného systému. Dále je zde na ceněno dopojení kouřovodových cest ke komínu, montážní práce rozvrženy na dva pracovní dny a doprava.

Celková pořizovací hodnota topného systému osazeného teplovodním kotlem Benekov R15o je 207 322 Kč s DPH. Je počítáno se 14 - ti procentní daní, protože by se celá kotelna nechala udělat odbornou firmou a zde je snížena daňová sazba na 14 %, protože je celé dílo bráno jako služba.

3) Rotex GSU 520S:

Kotel Rotex GSU 520S	120 148 Kč
Termostat THETA RS+	6 983 Kč
Solární panel V26P	16 562 Kč
Řídící a čerpací jednotka RPS 3	17 126 Kč
Čidla a připojení	27 223 Kč
Montážní práce	5 000 Kč
Doprava	5 500 Kč
<b>SUMA</b>	<b>198 542 Kč</b>
<b>SUMA s DPH (14 %)</b>	<b>228 323 Kč</b>

Tab. 6.3 Náklady – Rotex GSU 520S[21]

Jedná se o kotelnu osazenou plynovým kondenzačním kotlem Rotex GSU 520S s integrovanou akumulací nádrží o objemu 500l. Do ceny jsou také zahrnuty solární kolektory patřičného výkonu. Je zde zahrnuta cena kompletní dodávky a montáže topného systému.

Celková pořizovací hodnota topného systému osazeného teplovodním plynovým kondenzačním kotlem Rotex GSU 520S je 228 323 Kč s DPH. Je počítáno se 14 - ti procentní daní, protože by se celá kotelná nechala udělat odbornou firmou a zde je snížena daňová sazba na 14 %, protože je celé dílo bráno jako služba.

4) Rotex ESU 509:

Kotel Rotex ESU 509	84 740 Kč
Termostat THETA RS+	6 983 Kč
Solární panel V26P	16 562 Kč
Řídící a čerpací jednotka RPS 3	17 126 Kč
Čidla a připojení	27 223 Kč
Montážní práce	5 000 Kč
Doprava	5 500 Kč
<b>SUMA</b>	<b>163 044 Kč</b>
<b>SUMA s DPH (14 %)</b>	<b>185 870 Kč</b>

Tab. 6.4 Náklady – Rotex ESU 509[21]

Slovní popis cenové kalkulace:

Jedná se o kotelnu osazenou elektrickým teplovodním kotlem Rotex ESU 509 s integrovanou akumulací o objemu 500l. Do ceny jsou také zahrnuty solární kolektory patřičného výkonu. Je zde zahrnuta cena kompletní dodávky a montáže topného systému.

Celková pořizovací hodnota topného systému osazeného elektrickým teplovodním kotlem Rotex ESU 509 je 185 870 Kč s DPH. Je počítáno se 14 - ti procentní daní, protože by se celá kotelná nechala udělat odbornou firmou a zde je snížena daňová sazba na 14 %, protože je celé dílo bráno jako služba.

### **6.3 Provozní náklady navržených topných systémů**

Vypočtená celková roční spotřeba tepla na vytápění  $Q_h = 18\,196$  kWh. Dále musíme k celkové roční spotřebě tepla na vytápění přičíst celkovou roční potřebu tepla na ohřev teplé vody  $Q_{TV,R} = 10\,560$  kWh.

Celková roční spotřeba tepla:

$$Q_{CELK} = Q_h + Q_{TV,R} = 18196 + 10560 = \underline{28756 \text{ kWh} = 28,576 \text{ MWh}} \quad (9)$$

Celkové náklady spočítám pomocí zjištěných sazeb jednotlivých energií [8]. Jednoduše vynásobím roční spotřebu tepla danou sazbou a tím vypočítám celkové roční náklady na vytápění a ohřev teplé vody.

Provozní náklady peletového systému:

Veškeré ceny jsou uvedeny s DPH.

$$N_{CELK} = Q_{CELK} \cdot E_{SAZBA} = 28,756 \cdot 1086 = \underline{31229 \text{ Kč}} \quad (10)$$

kde:  $Q_{CELK}$  jsem získal z (9)

$E_{SAZBA}$  = cena za 1MWh vyrobenou z pelet

V závislosti na místě stavby referenčního domu jsem vyhledal dodavatele energií a jejich cenové sazby [22]:

Dodavatel u dřevních pelet byl zvolen Ing. Dauschinger Václav s cenou 5000 Kč/t. Dodavatel plynu by bylo RWE Energie a. s. se sazbou 1533 Kč/MWh a dodavatel elektrické energie je ČEZ a. s. se sazbou pro střední odběr D26d, kde je sazba 2076 Kč/MWh až 3825 Kč/MWh. Zvolím střední hodnotu 2951 Kč/MWh. Cenu za MWh u obilí jsem vypočítal díky empirickému vztahu, že 2,5 kg obilí vydá



stejné množství energie jako 2 kg dřevních pelet. Cenu za obilí budu počítat 5687 Kč/t.

PALIVO	SAZBA	NÁKLADY
Dřevní peleta:	[1086 Kč/MWh]	Náklad: 31 229 Kč
Obilí	[1364 Kč/MWh]	Náklad: 39 001 Kč
Zemní plyn:	[1533 Kč/MWh]	Náklad: 44 083 Kč
Elektřina:	[2951 Kč/MWh]	Náklad: 84 328 Kč

Tab. 6.5 Celkové náklady

Výpočtem jsem zjistil, že náklady na topnou sezonu vycházejí nejvýhodněji pro pelety. Jako druhé topné medium skončil zemní plyn s cenou cca 30 % vyšší než je cena při topení peletami. Topení elektřinou je o 60 % dražší než topení peletami.

## **7. Ekonomická zhodnocení navržených systémů**

Podívám – li se na tabulky č. 6.1 až č. 6.4, tak jsem dospěl k závěru, že topný systém na dřevní pelety má nejvyšší investiční náklady. Na druhou stranu vidím, že z tabulky č. 6.5 vyplývá, že topení dřevními peletami má nejnižší provozní náklady. Opačný vývoj má systém, který vytápí elektrickou energií. Systémy, které používají jako topné medium zemní plyn a obilí, se cenově pohybuje mezi těmito systémy.

U obilí je velká nevýhoda, že se cena této komodity rok od roku mění. Jsou roky, kdy tunu obilí koupíme za 1500 Kč, ale například letos se cena obilí pohybuje 5687 Kč/t. Další nevýhodou je uskladnění obilí. Jedna nevýhoda je, že zabírá podstatně větší prostor než dřevní pelety kvůli své nízké měrné hustotě – je proto třeba mít větší sklad než u dřevních pelet a druhá nevýhoda je, že může být napadeno různými škůdci. Jistě by nikdo z nás nechtěl, aby v jeho skladu paliva měl krysy nebo jinou podobnou havěť. Všeobecně se dá říct, že topení obilím není pro běžného smrtelníka, ale spíše pro člověka – zemědělce, který má hospodářství a technologie na zpracování obilí a toto palivo ho vyjde nákladově jen v podobě času a nafty, které spotřebuje technika při technologických procesech. Další nevýhodou je, že díky vysokému obsahu chloru v obilí dochází k velice rychlé chemické korozi kotlového tělesa a kouřovodových cest a to znamená nemalé výdaje za rekonstrukci a opravy celé spalovací technologie.

V této části své práce tedy porovnáám systém, který vytápí dřevními peletami s ostatními systémy.

Investiční náklady systémů:

Dřevní pelety: 318 675 Kč

Obilí: 207 322 Kč

Zemní plyn: 228 323 Kč

Elektřina: 188 870 Kč

$$\text{ROZDÍL}_{\text{INV.P}} = \text{Systém na pelety} - \text{Systém na zemní plyn} = 318\,675 - 228\,323 = \underline{\underline{90\,352\text{Kč}}}$$

(11)

Systém na zemní plyn je o 90 352 Kč levnější než systém na pelety.

$$\text{ROZDÍL}_{\text{INV.OBILÍ}} = \text{Systém na pelety} - \text{Systém na obilí} = 318\,675 - 207\,322 = \underline{\underline{111\,352\text{Kč}}}$$

(12)

Systém na obilí je o 111 352 Kč levnější než systém na pelety.

$$\text{ROZDÍL}_{\text{INV.EL}} = \text{Systém na pelety} - \text{Systém na elektřinu} = 318\,675 - 188\,870 = \underline{\underline{129\,805\text{Kč}}}$$

(13)

Systém na elektřinu je o 129 805 Kč levnější než systém na pelety.

Provozní náklady na vytápění a ohřev TV:

Dřevní pelety: 31 229 Kč

Obilí: 39 001 Kč

Zemní plyn: 44 083 Kč

Elektřina: 84 328 Kč

$$\text{ROZDÍL}_{\text{TV.P}} = \text{Náklady}_{\text{TV plyn}} - \text{Náklady}_{\text{TV pelety}} = 44\,083 - 31\,229 = \underline{\underline{12\,854\text{Kč}}}$$

(14)

Náklady na vytápění a ohřev zemním plynem jsou o 12 854 Kč ročně vyšší než vytápění peletami.

$$\text{ROZDÍL}_{\text{TV.OBILÍ}} = \text{Náklady}_{\text{TV obilí}} - \text{Náklady}_{\text{TV pelety}} = 39\,001 - 31\,229 = \underline{\underline{7\,772\text{Kč}}}$$

(15)

Náklady na vytápění a ohřev obilím jsou o 7 772 Kč ročně vyšší než vytápění peletami.

$$\text{ROZDÍL}_{\text{TV,EL}} = \text{Náklady}_{\text{TV}} \text{ elektřina} - \text{Náklady}_{\text{TV}} \text{ pelety} = 44\,083 - 31\,229 = \underline{53\,099\text{Kč}} \quad (16)$$

Náklady na vytápění a ohřev elektřinou jsou o 53 099 Kč ročně vyšší než vytápění peletami.

Návratnost peletového systému získám, když podělím rozdíl na pořizovací ceně mezi peletkovým a plynovým systémem tím, co každý rok ušetříme na provozu:

$$\text{Návratnost} = \text{ROZDÍL}_{\text{INV,P}} / \text{ROZDÍL}_{\text{TV,P}} = 90\,352 / 12\,854 = \underline{7,03 \text{ roku}} \quad (17)$$

Tak mi vyšla návratnost peletkového systému za cca 7 let.

Podělím - li rozdíl na pořizovací ceně mezi peletkovým a obilným systémem tím, co každý rok ušetříme na provozu:

$$\text{Návratnost} = \text{ROZDÍL}_{\text{INV,OBILÍ}} / \text{ROZDÍL}_{\text{TV,OBILÍ}} = 111\,352 / 7\,772 = \underline{14,33} \quad (18)$$

Tak mi vyšla návratnost peletkového systému za cca 14 let.

Provedu – li to analogicky i se systémem na elektřinu:

$$\text{Návratnost} = \text{ROZDÍL}_{\text{INV,EL}} / \text{ROZDÍL}_{\text{TV,EL}} = 129\,805 / 53\,099 = \underline{2,44} \quad (19)$$

Spočítal jsem, že investice do peletkového systému se mi oproti systému na elektřinu vrátí během cca 2,5 let.

## **8. Environmentální zhodnocení navržených systémů**

Pokud nepůjdu do detailu, tak nejpříznivější topný systém vůči životnímu prostředí je systém s elektrickým kotlem. Dochází tu k dokonalé přeměně elektrické energie v teplo. Elektrická energie je 100 % transformovatelný druh energie. Neuvažujeme emise unikající do ovzduší při její výrobě. Otázkou samozřejmě je, v jakém zařízení k výrobě elektrické energie dochází. Emise unikající do ovzduší bude velmi rozdílná při výrobě v uhelné elektrárně a například v elektrárně jaderné.

Emise u kotle na pelety Guntamatic THERM jsou maximálně 70 mg CO na MJ vyrobené energie a emise prachu jsou pod 10 mg na MJ vyrobené energie. Tento kotel splňuje nejpřísnější emisní třídu, co se týče malých zdrojů, třídu č. 3. Jen pro orientaci, THERM má emise prachu 14 mg/m<sup>3</sup><sub>N</sub> a emisní třída č. 3 povoluje až 150 mg/m<sup>3</sup><sub>N</sub>. To znamená, že má desetkrát menší emisi než je u nás povoleno. Emise CO má kotel 51 mg/m<sup>3</sup><sub>N</sub> přičemž emisní třída č. 3 akceptuje až 5000 mg/m<sup>3</sup><sub>N</sub>. Kotel Guntamatic THERM je zanedbatelná zátěž pro životní prostředí.

Díky tomu, že se ale jedná o dřevní hmotu, která má nulovou bilanci, tzn., že při spalování pelet vzniká tolik  $\text{CO}_2$ , kolik  $\text{CO}_2$  bylo rostlinou či stromem pohlceno při růstu, tak je spalování biomasy, potažmo dřevních pelet, považováno za vysoce šetrné vůči životnímu prostředí. Positivní také je to, že chemická energie je také skoro 100 % transformovatelný druh energie.

Automatický kotel na obilí Benekov R150 je na tom co se týče zátěže na životní prostředí podobně jako Guntamatic THERM. Zde se také můžeme bavit o nulové bilanci  $\text{CO}_2$ , ale díky tomu, že obilí je lehké a jde velmi snadno do vznosu, tak u těchto kotlů je větší prašnost než u kotle na pelety.

U plynového kondenzačního kotle Rotex je, pokud možno, co nejvíce maximalizována účinnost až k 110 %. I přesto, že se plyn v kotli dokonale spálí s vysokou účinností, tak stále dochází k úniku škodlivých emisí do ovzduší. Zde nelze hovořit o žádné nulové bilanci, tak můžeme považovat plynový kondenzační kotel za největší přímou zátěž životního prostředí. Samozřejmě se ale stále bavíme o relativně ekologickém zdroji vytápění a ohřevu teplé vody.

## **9. Závěr**

Náplní mé bakalářské práce bylo napsat přehled kotlů na tuhá paliva. Jejich funkci a přednosti a nedostatky každého systému zvlášť. Další částí mé práce bylo porovnat tyto systémy na tuhá paliva s běžnými konvenčními systémy, jako jsou kotle na plyn a na elektrickou energii.

Zvolil jsem si reálný dům, u kterého jsem musel určit tepelnou ztrátu a určit potřebu tepla na ohřev teplé vody. V závislosti na hodnotě tepelné ztráty jsem navrhnul několik topných systémů, které jsem mezi sebou porovnal jak ekonomicky tak i environmentálně. Z vypočtených hodnot na vytápění a ohřev teplé vody jsem vypočítal finanční náročnost pro každý druh topných systémů zvlášť. Vyšli mi čísla v českých korunách a tyto jsem mezi sebou porovnal. Samozřejmě jsem kalkuloval i s pořizovací cenou každého systému. Topné systémy jsem si detailně nacenil a odpovídají skutečnosti. K přihlédnutí ke všem okolnostem jsem vybral systém na dřevní pelety a porovnával jsem je s ostatními. Počítal jsem návratnosti. Peletkový systém je má nejvyšší pořizovací náklady, ale nejnižší provozní náklady. Počítal jsem tedy návratnost tohoto systému oproti ostatním. Vypočítal jsem návratnost peletkového vytápění oproti vytápění obilím na 14,3 roku, oproti plynu na 7 let a oproti elektřině na necelých 2,5 roku.

Dále jsem všechny systémy mezi sebou porovnával z hlediska šetrnosti k životnímu prostředí. Obilí a pelety jsou biomasa a tak mají nulovou bilanci  $\text{CO}_2$ , tudíž

nejsou nijak velkou zátěží a jsou to systémy šetrné k životnímu prostředí. Na druhou stranu plynový topný systém, i přesto, že pracuje s vysokou účinností, tak ten zatěžuje životní prostředí nejvíce. Co se týče elektrické energie, tak zde je šetrnost k životnímu prostředí diskutabilní jelikož elektrická energie sice je dokonale transformovatelná energie v teplo. Bohužel výroba elektrické energie není moc šetrná k životnímu prostředí, bavíme – li se o výrobě elektrické energie v uhelných elektrárnách. Účinnost výroby elektrické energie je okolo 30 % a v průběhu výroby je do ovzduší vypouštěno nemalé množství škodlivin.

V závislosti na všechny zmiňované faktory jsem vybral jako nejekonomičtější a nejšetrnější k životnímu prostředí topný systém, který používá jako palivo pelety.

## **10. Použitá literatura**

- [1] DIDUŠKOVÁ, M. VOTÁPEK, M. *Jak investovat do úspor a šetřit vlastní kapitál*. Praha: SEVEN, 1995. 50 s.
- [2] RÉDR, M., PŘÍHODA, M. *Základy tepelné techniky*. Praha: SNTL, 1991. ISBN 80-03-00366-0.
- [3] KOL. AUTORŮ. *Energetický audit. Metodika auditu*. Praha: ČEA, 1996.
- [4] KOL. AUTORŮ. *Metodika energetického auditu*. Praha: ČEA, 1996.
- [5] Tepelný audit, fa KVEEDO
- [6] LYČKA, Z. *Dřevní peleta II*. Krnov: LING, 2011. 71 s.
- [7] Biom *Wikipedie* [online], [cit. 2012-05-09]. Fotosyntéza. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Fotosyntéza/>>.
- [8] *Atmos* [online], [cit. 2012-05-09]. Kotel na pelety. Dostupné z WWW: <<http://www.atmos.cz/czech/kotle-004-kotle-na-pelety/>>.
- [9] *Palivové dřevo* [online], [cit. 2012-05-09]. Kusové dřevo. Dostupné z WWW: <<http://palivove-drevo-brikety.cz/>>.
- [10] *Biom* [online]. 2010 [cit. 2012-03-31]. Dřevní štěpka. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/drevni-stepka-zelena-hneda-bila/>>.
- [11] *Brikopal* [online], [cit. 2012-05-09]. Dřevěné brikety. Dostupné z WWW: <<http://brikopal.cz/>>.
- [12] *Prodej palivového dřeva* [online], [cit. 2012-05-09]. Dřevěné pelety. Dostupné z WWW: <<http://prodejpalivovehodreva.cz/pelety.html/>>.
- [13] *Topvod* [online], [cit. 2012-05-09]. Kotle. Dostupné z WWW: <<http://topvod.cz/topvod/eshop/8-Kotle-Viadrus/0/5/3167-Viadrus-Hercules-U24-3-clanky/>>.
- [14] *Esel* [online], [cit. 2012-05-09]. Kotle Guntamatic. Dostupné z WWW: <<http://guntamatic.esel.cz/stranka.aspx?idstranka=4474/>>.
- [15] *Vse pro kotelny* [online], [cit. 2012-05-09]. Kotle. Dostupné z WWW: <<http://vseprokotelny.cz/automaticke-kotle/guntamatic-biostar-15-flex-flex-1-5m-1-5-2-0m/=4474/>>.
- [16] *Esel* [online], [cit. 2012-05-09]. Plánovací podklady. Dostupné z WWW: <[http://guntamatic.esel.cz/Upload/WYSIWYG/Image/GUNTAMATIC/Ke%20stazeni/PU\\_BIOSTAR\\_V07\\_Juni\\_2008\\_CZ.pdf/](http://guntamatic.esel.cz/Upload/WYSIWYG/Image/GUNTAMATIC/Ke%20stazeni/PU_BIOSTAR_V07_Juni_2008_CZ.pdf/)>.
- [17] *Esel* [online], [cit. 2012-05-09]. Kotle Guntamatic. Dostupné z WWW: <<http://guntamatic.esel.cz/stranka.aspx?idstranka=2258&ad=1/>>.
- [18] *Esel* [online], [cit. 2012-05-09]. Kotle Benekov. Dostupné z WWW: <<http://esbeko.esel.cz/stranka.aspx?idstranka=1832/>>.
- [19] *Fabianopini* [online], [cit. 2012-05-09]. Plynové kotle. Dostupné z WWW:

<<http://www.fabianopini.it/e-commerce/rotex-caldaia-condensazione-gsu-520s/>>.

[20] *Geo - solar* [online], [cit. 2012-05-09]. Elektrické kotle. Dostupné z WWW: <<http://geo-solar.hr/programi/solarni-sustavi/rotex-esu.html/>>.

[21] ESEL technologies s. r. o., *Kalkulační list 2012/2013*. Interní dokument firmy ESEL technologies s. r. o.

[20] *tzb-info* [online], [cit. 2012-05-09]. Ceny paliv a energií. Dostupné z WWW: <[http://tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energii /](http://tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energii/)>.

## **11. Seznam obrázků**

Obr. 2.1 Kusové dřevo[9]

Obr. 2.2 Štěpka[10]

Obr. 2.3 Dřevěné brikety[11]

Obr. 2.4 Dřevěné pelety[12]

Obr. 4.1 Prohořivací kotel Atmos D15[8]

Obr. 4.2 Odhořivací kotel Viadrus[13]

Obr. 4.3 Zplyňovací kotel Guntamatic Biosmart[14]

Obr. 4.4 Automatický kotel Guntamatic Biostar[15]

Obr. 4.5 Schéma celosezónního skladu od firmy GUNTAMATIC[16]

Obr. 6.1 Automatický kotel na pelety Guntamatic Therm (2-7kW) [17]

Obr. 6.2 Benekov R150[18]

Obr. 6.3 Rotex GSU 520S[19]

Obr. 6.4 Rotex ESU 509[20]



## **12. Seznam tabulek**

Tab. 3.1 Obsah prchavé hořlaviny[6]

Tab. 5.1 Tepelné ztráty[5]

Tab. 5.2 Tepelné ztráty[5]

Tab. 5.3 Náklady – Ohřev TV

Tab. 6.1 Náklady – Guntamatic THERM[21]

Tab. 6.2 Náklady – Benekov R15o[21]

Tab. 6.3 Náklady – Rotex GSU 520S[21]

Tab. 6.4 Náklady – Rotex ESU 509[21]

Tab. 6.5 Celkové náklady

### **13. Seznam příloh**

Příloha č. 1. Výkres – Půdorys 1NP

Příloha č. 2. Výkres – Půdorys 1PP

Příloha č. 3. Výkres – pohledy domu